

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-320927

(43)Date of publication of application : 08.12.1995

(51)Int.Cl.

H01F 5/00  
 B22D 11/10  
 B22D 11/10  
 B22D 27/02  
 B22D 43/00  
 // C21C 7/00

(21)Application number : 06-107054

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 20.05.1994

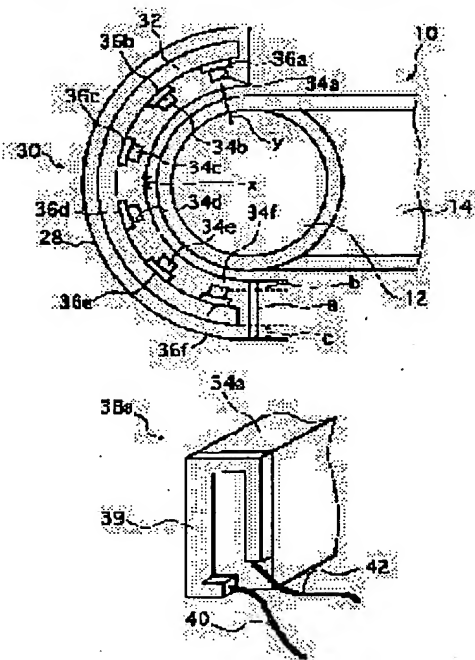
(72)Inventor : YAMADA MASAHIRO  
 SAKURAI YOSHIHARU

## (54) MOVING MAGNETIC FIELD GENERATION USE ELECTROMAGNETIC COIL DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to operate a coil device stably and for a long time even if the coil device is a large-sized coil device by a method wherein a plurality of electromagnets, which are arranged in the direction of rotation of a molten metal and are driven in order in the direction of rotation of the molten metal, and the molten metal side point part of the core of each electromagnet are cooled.

CONSTITUTION: A core 32 and cores 34 are molded integrally with an electromagnetic steel plate. The core main body 32 is arranged in a casing 28 in such a way as to position in the center of the thickness direction and moreover, coils 36 are formed by winding a coil winding on each core 34 60 turns. A cooling means 38, which consists of a cooling pipe 39, a cooling water feed pipe 40 and a drain pipe 42, is arranged in each core 34 of a coil device 30. The magnetomotive force of an electromagnet is set in  $6 \times 10^3$  AT or more. Thereby, even if the device 30 is a high-output coil device to correspond to a large-sized turndish, a molten steel in the turndish can be horizontally rotated extending over a long time and stably.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.11.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2922420

[Date of registration] 30.04.1999

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right] 30.04.2002

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] the object for migration magnetic field generating for the molten-metal revolution used for the nonmetallic inclusion cleaning equipment which carries out the separation clearance of the nonmetallic inclusion in molten metal by giving level rotating flow to the molten metal in a container -- electromagnetism -- the object for migration magnetic field generating characterized by to have the electromagnet by which is a coil system, two or more arrangement is carried out in the hand of cut of said molten metal, and sequential actuation is carried out in the hand of cut of molten metal, and a cooling means cool the point by the side of said molten metal of the core of each of said electromagnet -- electromagnetism -- a coil system.

[Claim 2] the object for migration magnetic field generating according to claim 1 whose magnetomotive force of each of said electromagnet is more than  $6 \times 10^3$  AT -- electromagnetism -- a coil system.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] the object for migration magnetic field generating which gives level rotating flow to molten steel in order that this invention may remove the nonmetallic inclusion in molten steel in the tundish of a continuous casting facility etc. -- electromagnetism -- it is related with a coil system. the object for migration magnetic field generating which is stabilized and can continue operation even if it switches on a high current, it forms a big migration magnetic field in detail and it carries out the level revolution of the molten steel -- electromagnetism -- it is related with a coil system.

[0002]

[Description of the Prior Art] As an approach of removing the nonmetallic inclusion in the molten metal in the continuous casting of steel, the level revolution of the molten metal in an intermediate container (tundish) is carried out, a centrifugal force is given, nonmetallic inclusion is brought together in a center line of rotation using the specific gravity difference of molten steel and nonmetallic inclusion, and the technique which promotes a collision, adsorption, and condensation and is separated is known. the object for migration magnetic field generating which uses an electromagnet by current as a means to give level rotating flow to molten steel although various approaches are indicated -- electromagnetism -- a coil system is in use. This equipment arranges many electromagnets to the hand of cut of molten steel, by carrying out sequential actuation (on/off) of the electromagnet to a hand of cut, forms a revolution (migration) magnetic field and carries out the level revolution of the molten steel in tundish by the magnetic field to rotate.

[0003] On the other hand, in order to promote clearance of the nonmetallic inclusion in molten steel good, it is desirable to make long time amount molten steel pile up by the inside of tundish. Therefore, how to enlarge tundish, lengthen distance of the molten

steel supply location to tundish and the molten steel blowdown location from tundish, and lengthen the residence time of molten steel is also learned.

[0004] Moreover, the tundish of the two-layer type shown in drawing 4 is known by using said two approaches together as tundish which promotes clearance of nonmetallic inclusion to fitness more. In addition, in drawing 4, (a) is an outline top view and (b) is an outline sectional view. This tundish 10 consists of a revolution tub 12 of the cylindrical shape which a base blockades, and a floatation tub 14 of an abbreviation rectangular parallelepiped, and both are opened for free passage with the free passage opening 16 formed near the pars basilaris ossis occipitalis. A nozzle 18 is arranged in the revolution tub 12 of the floatation tub 14, and the base near the reverse side edge section. moreover, the long nozzle 20 of a ladle inserts in the core of the revolution tub 12 -- having -- further -- the side attachment wall of the revolution tub 12 -- surrounding -- making -- the object for migration magnetic field generating -- electromagnetism -- a coil system (it considers as a coil system hereafter) 50 is arranged. As mentioned above, this coil system 50 arranges many electromagnets in casing of a semi-cylindrical shape in the hand of cut of molten steel, with an electromagnet, forms a revolution magnetic field and carries out the level revolution of the molten steel for example, in the direction of an arrow head.

[0005] In the tundish 10 of the example of a graphic display, molten steel is poured into the revolution tub 12 from a long nozzle 20, flows into the floatation tub 14 from the free passage opening 16, and is poured into mold from a nozzle 18. It becomes the pure thing which has the content of nonmetallic inclusion very few to the molten steel discharged from a nozzle 18 since separation clearance of molten steel to the nonmetallic inclusion is further carried out when nonmetallic inclusion surfaces during stagnation until separation clearance of molten steel to the nonmetallic inclusion is carried out as mentioned above because molten steel rotates in the revolution tub 12 with a coil system 50 in such tundish 10, and it flows into the floatation tub 14 from the free passage opening 16 and it results in a nozzle 18.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, recent years require [ rather than ] much more quality improvement from steel. In order to manufacture quality steel, it stands to reason that few things of the nonmetallic inclusion in the molten steel poured into mold are desirable, but as mentioned above, in order to remove the nonmetallic inclusion in molten steel good, it is necessary to enlarge tundish. Conventionally, the bore of a coil system was an about [ 0.5m ] thing for tundish with a small coil system. However, in recent years, to arrange a coil system also in the

large-sized tundish which enables manufacture of more nearly quality steel is desired. However, it was actually large-sized, and when the coil system of high power was produced and it operated, actuation of a coil system was not stabilized but the problem that it could not operate continuously arose.

[0007] the object for migration magnetic field generating which is stabilized and can operate for a long time even if it is the large-sized coil system which the object of this invention has in solving the trouble of the above-mentioned conventional technique, and is arranged in large-sized tundish -- electromagnetism -- it is in offering a coil system.

[0008]

[Means for Solving the Problem] This invention is used for the nonmetallic inclusion cleaning equipment which carries out separation clearance of the nonmetallic inclusion in molten metal by giving level rotating flow to the molten metal in a container in order to attain said object. the object for migration magnetic field generating for a molten metal revolution -- electromagnetism -- with the electromagnet by which is a coil system, two or more arrangement is carried out in the hand of cut of said molten metal, and sequential actuation is carried out in the hand of cut of molten metal the object for migration magnetic field generating characterized by having a cooling means to cool the point by the side of said molten metal of the core of each of said electromagnet -- electromagnetism -- a coil system is offered.

[0009] Moreover, it is desirable that the magnetomotive force of each of said electromagnet is more than  $6 \times 10^3$  AT.

[0010] Hereafter, the coil system (for migration magnetic field generating electromagnetism) of this invention is explained more to a detail. Drawing which saw in the outline top view of the coil system of this invention at drawing 1, and saw drawing 1 in the direction of arrow-head y to drawing 2, i.e., drawing which looked at the electromagnet from the core of the revolution tub 12, is shown. As shown in drawing 1 and drawing 2, the outline is constituted by the casing 28 of a configuration (semi-cylindrical shape) from which it comes to cut a cylinder in the direction of an axis like the coil system 50 with which a coil system 30 is shown in above-mentioned drawing 4. In addition, it is good with various kinds of ingredients which especially definition does not have in the formation ingredient of casing 28, and are used for the usual coil systems, such as stainless steel material. The core body 32 of a configuration from which it comes to cut a cylinder in that direction of an axis is arranged, it projects from this core body 32 in the direction of a cylinder core (let this direction be a head hereafter), and Cores (iron core) 34a, 34b, 34c, 34d, 34e, and 34f are formed in the interior of casing 28. Coils 36a, 36b, 36c, 36d, 36e, and 36f are wound around each core

34, and six electromagnets are arranged in total in a molten steel hand of cut.

[0011] As shown in drawing 1, tundish 10 (revolution tub 12) is approached, and such a coil system 30 is arranged, gives the migration magnetic field (revolution magnetic field) which rotates each electromagnet to the molten steel in the revolution tub 12 by carrying out sequential actuation in a hand of cut, and carries out the level revolution of the molten steel by this so that an inner circle wall may surround the revolution tub 12 of tundish 10 like the above-mentioned coil system 50.

[0012] A core 34 is formed with the same ingredient as the core of the usual electromagnets, such as a magnetic steel sheet (silicon steel). On the other hand, the core body 32 is formed with various kinds of ingredients which can hold the same ingredient or same core 34 as a core 34. In addition, the core body 32 and each core 34 may be independently formed, even if it consists of one. Moreover, a coil 36 is also formed with the same ingredient as the usual electromagnet.

[0013] At the head of each core 34, the cooling means 38a, 38b, 38c, 38d, 38e, and 38f for cooling the point of a core 34 are arranged (in drawing 1, it omitted in order to make a drawing simple). As shown in drawing 3, the cooling means 38 consists of a cooling pipe 39 which has the configuration where it met the side outside the core 34, and contacts the apical surface of a core 34, the cooling water supply pipe 40 and drain pipe 42 which are connected to the edge of a cooling pipe 39, and a feed water means (graphic display abbreviation) to the cooling water supply pipe 40. That is, in the coil system 30 of the example of a graphic display, the cooling means 38 cools the point of a core 34 with the water which passes through the inside of a cooling pipe 39. The coil system of this invention enables large-sized and continuation operation covering [ even if it is the coil system of high power ] long duration by having the cooling means 38 of such core 34 point.

[0014] As mentioned above, although to require nearby high quality of steel and to arrange a coil system also in large-sized tundish was desired in recent years, when the large-sized coil system was produced actually and it operated, actuation of a coil system was not stabilized but the problem that it could not operate continuously arose.

[0015] In order to solve said trouble, this invention persons found out that the cause that operation of a large-sized coil system is not stabilized was in generation of heat of a coil system, especially generation of heat of a core, as a result of repeating examination wholeheartedly. If tundish is enlarged, it is necessary to also enlarge the coil system for a molten steel revolution, and, naturally the power supplied to a coil system will also become large. However, in the coil system (for migration magnetic field generating electromagnetism) for a molten steel revolution with which tundish etc. is filled up, the

increment in generation of heat of a core is remarkable as compared with the increment in charge electric energy. Although this invention persons have large generation of heat of the point of a core as a result of repeating examination further, inside, or a point-angle part and it being unable to stabilize and operate and the example mentioned especially later also show equipment by generation of heat of this part Magnetomotive force in the coil system more than  $6 \times 10^3$  AT (ampere turn) The heat-resistant temperature of the magnetic steel sheet (silicon steel) with which the temperature of a point serves as a core was exceeded easily, and a more difficult thing and not generating heat, so that trouble is in operation of a coil system also found out continuous operation simultaneously further except the point of a core.

[0016] This reason is considered as follows. As mentioned above, by arranging many electromagnets to the molten steel hand of cut in tundish, and carrying out sequential actuation of the electromagnet in a hand of cut, a coil system impresses a revolution magnetic field to molten steel, and carries out the level revolution of the molten steel. Here, in the coil system for a molten steel revolution, in order to circle in molten steel efficiently, as for the point of a core, it is desirable that approach the outer steel shell of tundish and spacing of each electromagnet (core) is also close. Therefore, if a coil is arranged to the head of a core, since it will become disadvantageous in respect of the design degree of freedom of a coil system etc., the coil wound around a core as shown also in drawing 1 usually serves as a form arranged back a little from the head of a core, and is that it is unreserved in the head of a core.

[0017] However, especially, the leakage magnetism by which a part of magnetism goes to the point-angle section of the core of others [ point / of an unreserved core ], especially the core of others [ section / of a core / point-angle ], without [ a large-sized coil system and ] magnetomotive force going to the molten steel in tundish with the coil system more than  $6 \times 10^3$  AT (ampere turn) since the formation magnetic field is strong will occur, and the point, especially the point-angle section of a core will generate heat by this leakage magnetism.

[0018] This leakage magnetism can be prevented by arranging a coil to the point of a core. However, if a coil is arranged to the point of a core, since the thing which is disadvantage in respect of a design degree of freedom etc. will be as above-mentioned and a coil will naturally also become large-sized with a large-sized coil system especially, it is more difficult to arrange a coil to the point of a core in respect of a design degree of freedom etc. In addition, although preventing with magnetic shielding etc. is also possible, since the equipment for cooling it is needed when magnetic shielding is used, a degree of freedom becomes low further, and magnetic loss occurs with magnetic



shielding, and the above-mentioned leakage magnetism has the problem that magnetic fields decrease in number.

[0019] The coil system of this invention arranges the cooling means 38 for such a trouble to the point of a core 34, and solves it by the most efficient and simple configuration [ say / cooling only a point ].

[0020] In addition, generation of heat of a coil system poses a problem conventionally, for example, it is a coil system for a molten steel revolution, and the coil system which has a cooling means in casing is indicated by JP,4-322853,A. However, it was difficult not to break, every time generation of heat of the core point of a coil system is completely taken into consideration for the purpose of these equipments preventing breakage on casing by cooling the inside of casing, but for a large-sized coil system, especially magnetomotive force to prevent generation of heat of the core point in the coil system more than  $6 \times 10^3$  AT in the coil system indicated by this official report etc., and to be stabilized and to operate equipment.

[0021] that in which the effect which it has on the magnetic field generated from the head of a core 34 as a formation ingredient of a cooling pipe 39 has sufficient thermal resistance few -- various kinds -- a metallic conduit with the small electrical conductivity of various kinds of steel pipes, such as various kinds of available for example, stainless steel, a titanium steel pipe, etc. is illustrated. moreover, the insulating hose and insulating piping which are not influenced of a magnetic field as the cooling water supply pipe 40 and a drain pipe 42 -- various kinds -- it is available, for example, a rubber hose, consolidation plastic tubing, etc. are illustrated.

[0022] In the coil system of this invention, various kinds of well-known cooling approaches, such as what definition is not carried out to that for which a cooling means uses the cooling pipe 39 of the example of a graphic display, for example, contacts a cooling panel, and cools a core head, are available. moreover, the object which a refrigerant is not limited to water but is used as a refrigerant in the usual manufacturing facility -- various kinds -- it is available. In addition, what is necessary is for there to be especially no definition in cooling temperature (extent of cooling), and just to determine it as it suitably according to the thermal resistance of a core 34 etc. For example, when forming a core 34 with a magnetic steel sheet, 250 degrees C or less of temperature of core 34 point should just cool so that it may become 200 degrees C or less preferably.

[0023] if tundish is circular 1 tub type, when the coil system of this invention is not limited to the object of the semi-cylindrical shape of the example of a graphic display, for example, you may be a cylindrical shape or it has sufficient output for the revolution of

molten steel, it is smaller than a semicircle cylinder -- it may be circular. That is, the coil system of this invention is altogether available to the coil system of various kinds of configurations according to the configuration of tundish etc.

[0024] As mentioned above, although the coil system for migration magnetic field generating of this invention was explained to the detail, of course in the range which this invention is not limited to an above-mentioned example, and does not deviate from the summary of this invention, various kinds of amelioration and modification may be made.

[0025]

[Example] The same coil system 50 was produced except not having the coil system 30 as shown in drawing 1 (for migration magnetic field generating), and the cooling means 38. Casing 28 is a product made from stainless steel with a thickness of 20mm, and 0.8m and thickness a set [ the bore ] it to 500mm. The core body 32 and a core 34 are one shaping of a magnetic steel sheet, and the distance from thickness, i.e., core 34 apical surface, to a reverse side face (it considers as a tooth back hereafter) made the configuration of 300mm and core 34 apical surface the rectangle of 250x400mm. The height of the core body 32 was set to 800mm. The core body 32 has been arranged so that it may be located in casing 28 at the core of said thickness direction. That is, the core body 32 has been arranged in casing 28 so that the distance b of casing 28 inner surface and each core 34 apical surface and the distance c of core body 32 tooth back and casing 28 inner surface may be set to both 100mm. Furthermore, the coil 36 was formed by winding 60 \*\*\*\*\*s of coil coils around each core 34.

[0026] Moreover, the cooling means 38 which becomes each core 34 of the coil system 30 of this invention from the cooling pipe 39, the cooling water supply pipe 40, and drain pipe 42 which are shown in drawing 3 was arranged. In addition, square pole tubing, the cooling water supply pipe 40, and drain pipe 42 of the product [ cooling pipe / 39 ] made from the stainless steel of one-side 250mm used the hose made of rubber. Moreover, the refrigerant made the flow rate 2000 ml/min using water.

[0027] Using the above coil systems 30 and 50, 2300A (namely, magnetomotive force 1.38x10<sup>5</sup> AT) was energized on each electromagnet, and the molten steel of the revolution tub 12 of the tundish 10 as shown in drawing 4 was rotated. In addition, distance of the front face (outer steel shell) of tundish 10 (revolution tub 12) and the casing inner surface of a coil system was set to 60mm.

[0028] Consequently, in the conventional coil system 50 which does not have the cooling means 38, the magnetism of 2000G was generated with the measure point x, and the molten steel in the revolution tub 12 was stabilized by the revolution of 60rpm. When

temperature of the apical surface of each core 34 was measured in this condition (they are three places to a lengthwise direction), it amounted to 500 degrees C in any location, it thought from the thermal resistance of a coil and a core, and the continuation operation beyond this was impossible. In addition, when the thermometry was carried out on the point corresponding to parts other than this, for example, the point of measurement of core 34 apical surface of core body 32 tooth back, core body 32 front face between each core 34, etc., there was no location 200 degrees C or more, and it was satisfactory to continuation operation in any way at this point.

[0029] Moreover, in the coil system 50, although magnetomotive force was fallen to  $6 \times 10^3$  AT, having considered the coil of each electromagnet as 40 turns, and having used supply current as 1500A, the temperature of the apical surface of a core 34 was over 250 degrees C at all points, and too continuous operation was still in the difficult condition.

[0030] On the other hand, with the coil system 30 of this invention which has the cooling means 38, although the magnetism in a measure point x fell to 1950G, the molten steel in the revolution tub 12 was stabilized in the revolution of same 60rpm. As a result of measuring the temperature of the apical surface of a core 34 like the previous coil system 50 in this condition, the temperature of all measuring points was 150 degrees C or less, and continuous operation was possible. In addition, although it is thought that lowering of magnetism is based on generating of the eddy current by having arranged the cooling pipe 39 made from stainless steel, what effect does not almost have in the revolution of molten steel is as above-mentioned. Moreover, the thermometry result was the same as that of the conventional coil system 50 to these appearance other than the measuring point at the head of a core. The effectiveness of this invention is clearer than the above result.

[0031]

[Effect of the Invention] in the above, it explained to the detail -- as -- the object for migration magnetic field generating of this invention -- electromagnetism -- according to the coil system, even if it is the coil system of the high power corresponding to large-sized tundish, it is stabilized over a long time, the level revolution of the molten steel in tundish can be carried out, and it becomes possible to be stabilized and to manufacture the continuous casting piece of high quality with high productive efficiency, using large-sized tundish.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] the object for migration magnetic field generating of this invention -- electromagnetism -- it is the outline top view of a coil system.

[Drawing 2] It is y line view drawing of the coil system shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is the outline perspective view showing the cooling means of the coil system shown in drawing 1.

[Drawing 4] (a) -- and (b) -- the object for migration magnetic field generating -- electromagnetism -- it is the schematic diagram of the tundish which had the coil system arranged.

[Description of Notations]

10 Tundish

12 Revolution Tub

14 Flootation Tub

16 Free Passage Opening

18 Nozzle

20 Long Nozzle

28 Casing

30 50 (for migration magnetic field generating electromagnetism) Coil system

32 Core Body

34a, 34b, 34c, 34d, 34e, 34f Core

36a, 36b, 36c, 36d, 36e, 36f Coil

38a, 38b, 38c, 38d, 38e, 38f Cooling means

39 Cooling Pipe

40 Cooling Water Supply Pipe

42 Drain Pipe

---

[Translation done.]

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-320927

(43)公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) IntCl. <sup>9</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 5/00	Z	4231-5E		
B 2 2 D 11/10	K			
	3 5 0 A			
27/02	U			
43/00	A	7511-4E		

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全 6 頁) 最終頁に続く

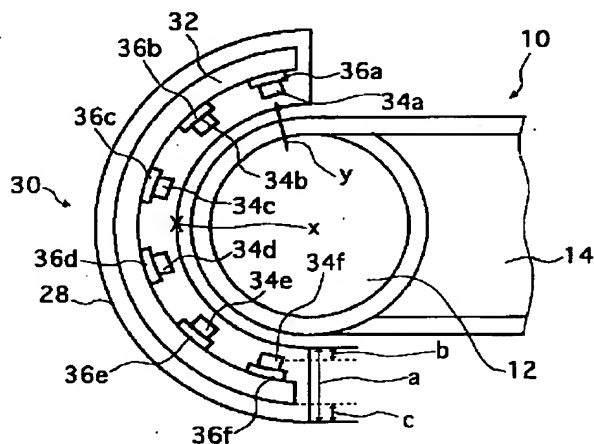
(21)出願番号	特願平6-107054	(71)出願人	000001258 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
(22)出願日	平成6年(1994)5月20日	(72)発明者	山田正弘 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社千葉製鉄所内
		(72)発明者	桜井美弦 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社千葉製鉄所内
		(74)代理人	弁理士 渡辺 望稔 (外1名)

(54) 【発明の名称】 移動磁場発生用電磁コイル装置

(57) 【要約】

【目的】大型のタンディッシュに配備される高出力のコイル装置であっても、安定して長時間操業が可能移動磁場発生用電磁コイル装置を提供する。

【構成】 容器中の熔融金属に水平回転流を与えることによって熔融金属中の非金属介在物を分離除去する非金属介在物除去装置に利用される、移動磁場発生用電磁コイル装置であって、熔融金属の回転方向に複数配置され、熔融金属の回転方向に順次駆動される電磁石と、各電磁石のコアの熔融金属側の先端部を冷却する冷却手段とを有することにより、前記目的を達成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 容器中の熔融金属に水平回転流を与えることによって熔融金属中の非金属介在物を分離除去する非金属介在物除去装置に利用される、熔融金属回転のための移動磁場発生用電磁コイル装置であって、前記熔融金属の回転方向に複数配置され、熔融金属の回転方向に順次駆動される電磁石と、前記各電磁石のコアの前記熔融金属側の先端部を冷却する冷却手段とを有することを特徴とする移動磁場発生用電磁コイル装置。

【請求項2】 前記各電磁石の起磁力が $6 \times 10^3$  AT以上である請求項1に記載の移動磁場発生用電磁コイル装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、連続铸造設備のタンディッシュ等において、溶鋼中の非金属介在物を除去するために、溶鋼に水平回転流を与える移動磁場発生用電磁コイル装置に関する。詳しくは、大電流を投入して大きな移動磁場を形成して溶鋼を水平回転しても、安定して操業を続けることができる移動磁場発生用電磁コイル装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 鋼の連続铸造における熔融金属中の非金属介在物を除去する方法として、中間容器（タンディッシュ）内の熔融金属を水平回転して遠心力を与え、溶鋼と非金属介在物との比重差を利用して非金属介在物を旋回中心に集め、衝突、吸着、凝集を促進して分離する技術が知られている。溶鋼に水平回転流を与える手段としては、種々の方法が開示されているが、現在では、電磁石を利用する移動磁場発生用電磁コイル装置が主流となっている。この装置は、溶鋼の回転方向に多数の電磁石を配置し、電磁石を回転方向に順次駆動（on/off）することによって回転（移動）磁場を形成し、回転する磁場によってタンディッシュ内の溶鋼を水平回転するものである。

【0003】 他方、溶鋼中の非金属介在物の除去を良好に促進するためには、タンディッシュ内により長い時間溶鋼を滞留させるのが好ましい。そのために、タンディッシュを大型化して、タンディッシュへの溶鋼供給位置とタンディッシュからの溶鋼排出位置との距離を長くして、溶鋼の滞留時間を長くする方法も知られている。

【0004】 また、前記2つの方法を併用することによって、より良好に非金属介在物の除去を促進するタンディッシュとして、図4に示される2層式のタンディッシュが知られている。なお、図4において、(a)は概略平面図、(b)は概略断面図である。このタンディッシュ10は、底面の閉塞する円筒形の回転槽12と、略直方体の浮上槽14とから構成され、両者は底部近傍に形成される連通口16で連通される。浮上槽14の回転槽12と逆側端部近傍の底面にはノズル18が配設され

る。また、回転槽12の中心には取鍋のロングノズル20が挿入され、さらに回転槽12の側壁を囲むようにして、移動磁場発生用電磁コイル装置（以下、コイル装置とする）50が配置される。このコイル装置50は、前述のように、半円筒形のケーシング内に、溶鋼の回転方向に多数の電磁石を配置し、電磁石によって回転磁場を形成して溶鋼を例えば矢印方向に水平回転するものである。

【0005】 図示例のタンディッシュ10においては、溶鋼はロングノズル20から回転槽12に注入され、連通口16から浮上槽14に流入して、ノズル18から鑄型に注入される。このようなタンディッシュ10では、コイル装置50によって溶鋼が回転槽12中で回転されることで前述のように溶鋼から非金属介在物が分離除去され、また、連通口16から浮上槽14に流入してノズル18に至るまでの滞留中に、非金属介在物が浮上することによって、さらに溶鋼から非金属介在物が分離除去されるので、ノズル18から排出される溶鋼は、非金属介在物の含有量が極めて少ない、清浄なものとなる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、近年では鋼材に対するより一層の高品質化が要求されている。高品質な鋼材を製造するためには、鑄型に注入される溶鋼中の非金属介在物は少ないのが好ましいのは当然のことであるが、前述のように、溶鋼中の非金属介在物を良好に除去するためには、タンディッシュを大型化する必要がある。従来は、コイル装置は小型のタンディッシュを対象としたものであり、コイル装置の内径は0.5m程度のものであった。ところが、近年では、より高品質な鋼材の製造を可能とする大型のタンディッシュにも、コイル装置を配設することが望まれている。ところが、実際に大型で高出力のコイル装置を作製して運転してみたところ、コイル装置の動作が安定せず、連続的に操業することができないという問題が生じた。

【0007】 本発明の目的は、前述従来技術の問題点を解決することにより、大型のタンディッシュに配設される、大型のコイル装置であっても、安定して長時間操業することができる移動磁場発生用電磁コイル装置を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するために、本発明は、容器中の熔融金属に水平回転流を与えることによって熔融金属中の非金属介在物を分離除去する非金属介在物除去装置に利用される、熔融金属回転のための移動磁場発生用電磁コイル装置であって、前記熔融金属の回転方向に複数配置され、熔融金属の回転方向に順次駆動される電磁石と、前記各電磁石のコアの前記熔融金属側の先端部を冷却する冷却手段とを有することを特徴とする移動磁場発生用電磁コイル装置を提供する。

【0009】 また、前記各電磁石の起磁力が $6 \times 10^3$

AT以上であるのが好ましい。

【0010】以下、本発明の（移動磁場発生用電磁）コイル装置について、より詳細に説明する。図1に、本発明のコイル装置の概略平面図、図2に図1を矢印y方向に見た図、すなわち、電磁石を回転槽12の中心から見た図が示される。図1および図2に示されるように、コイル装置30は、前述の図4に示されるコイル装置50と同様に、円筒をその軸線方向に切断してなる形状（半円筒形）のケーシング28によってその外郭が構成される。なお、ケーシング28の形成材料には特に限定はな  
10 く、ステンレス材等の通常のコイル装置に利用される各種の材料でよい。ケーシング28の内部には、円筒をその軸線方向に切断してなる形状のコア本体32が配置され、このコア本体32から円筒中心方向（以下、この方向を先端とする）に突出してコア（鉄芯）34a、34b、34c、34d、34eおよび34fが形成されている。各コア34には、コイル36a、36b、36c、36d、36eおよび36fが巻回され、合計で6つの電磁石が溶鋼回転方向に配置される。

【0011】このようなコイル装置30は、図1に示されるように、前述のコイル装置50と同様に内周壁がタンディッシュ10の回転槽12を囲むように、タンディッシュ10（回転槽12）に近接して配置され、各電磁石を回転方向に順次駆動することにより、回転槽12内の溶鋼に回転する移動磁場（回転磁場）を与え、これによって溶鋼を水平回転する。

【0012】コア34は、電磁鋼板（珪素鋼板）等の通常の電磁石のコアと同様の材料で形成される。他方、コア本体32は、コア34と同様の材料あるいはコア34を保持可能な各種の材料で形成される。なお、コア本体32と各コア34とは一体で構成されていても別々に形成されてもよい。また、コイル36も通常の電磁石と同様の材料で形成される。

【0013】各コア34の先端には、コア34の先端部を冷却するための冷却手段38a、38b、38c、38d、38eおよび38fが（図1では、図面を簡略にするため省略した）配置される。図3に示されるように、冷却手段38は、コア34の外辺に沿った形状を有しコア34の先端面に当接する冷却管39と、冷却管39の端部に接続される冷却水供給管40および排水管42と、冷却水供給管40への給水手段（図示省略）とから構成される。すなわち、図示例のコイル装置30においては、冷却手段38は、冷却管39内を通過する水によってコア34の先端部を冷却する。本発明のコイル装置は、このようなコア34先端部の冷却手段38を有することにより、大型かつ高出力のコイル装置であつても、長時間にわたる連続操作を可能としたものである。

【0014】前述のように、近年では、鋼材にもより高品質が要求され、大型のタンディッシュにもコイル装置を配設することが望まれているが、実際に大型のコイル

装置を作製して運転してみたところ、コイル装置の動作が安定せず、連続的に操作することができないという問題が生じた。

【0015】前記問題点を解決するために、本発明者らは鋭意検討を重ねた結果、大型のコイル装置の操作が安定しない原因が、コイル装置の発熱、特にコアの発熱にあることを見出した。タンディッシュを大型化すれば溶鋼回転用のコイル装置も大きくする必要があり、当然、コイル装置に投入する電力も大きくなる。ところが、タンディッシュ等に充填される溶鋼回転用の（移動磁場発生用電磁）コイル装置においては、投入電力量の増加に比して、コアの発熱の増加が著しい。本発明者らは更に検討を重ねた結果、特にコアの先端部、中でも先端角部分の発熱が大きく、この部分の発熱によって装置を安定して操作できないこと、特に、後述する実施例でも示すが、起磁力が $6 \times 10^3$  AT（アンペアターン）以上のコイル装置では、先端部の温度がコアとなる電磁鋼板（珪素鋼板）の耐熱温度を容易に超えてしまい、連続的な操作はより困難であること、さらに、コアの先端部以外は、コイル装置の操作に支障がある程に発熱しないことも、同時に見出した。

【0016】この理由は下記のように考えられる。前述のように、コイル装置はタンディッシュ内の溶鋼回転方向に多数の電磁石を配列し、電磁石を回転方向に順次駆動することにより、回転磁場を溶鋼に印加して溶鋼を水平回転する。ここで、溶鋼回転用のコイル装置においては、効率よく溶鋼を旋回するためには、コアの先端部はタンディッシュの鉄皮に近接し、かつ各電磁石（コア）の間隔も近接しているのが好ましい。そのため、コイルをコアの先端まで配置すると、コイル装置の設計自由度等の点で不利となるので、図1にも示されるようにコアに巻回されるコイルは、通常はコアの先端から若干後方に配置される形となり、コアの先端はむき出しになっている。

【0017】ところが、大型のコイル装置、特に、起磁力が $6 \times 10^3$  AT（アンペアターン）以上のコイル装置では、形成磁場が強いため、磁力の一部がタンディッシュ中の溶鋼に向かわずに、むき出しのコアの先端部から他のコア、特にコアの先端角部から他のコアの先端角部に向かってしまう漏洩磁力が発生してしまい、この漏洩磁力によって、コアの先端部、特に先端角部が発熱してしまう。

【0018】この漏洩磁力は、コイルをコアの先端部まで配置することによって防止することが可能ではある。しかし、コイルをコアの先端部に配置すると、設計自由度等の点で不利なのは前述のとおりであり、特に大型のコイル装置では、当然コイルも大型になるので、設計自由度等の点でコイルをコアの先端部に配置することはより困難である。なお、上記漏洩磁力は、磁気シールド等で防止することも可能であるが、磁気シールドを用いた



場合、それを冷却するための装置が必要となるため、さらに自由度が低くなり、また、磁気シールドによって、磁気の損失が発生し、磁場が減少するという問題がある。

【0019】本発明のコイル装置は、このような問題点を、コア34の先端部に冷却手段38を配置して、先端部のみを冷却するという、最も効率よく、かつ簡易な構成によって解決したものである。

【0020】なお、コイル装置の発熱は従来より問題となっており、例えば、特開平4-322853号公報等には、溶鋼回転用のコイル装置であって、ケーシング内に冷却手段を有するコイル装置が開示されている。しかしながら、これらの装置は、ケーシング内を冷却することによりケーシングの損傷を防止することを目的としたものであり、コイル装置のコア先端部の発熱は全く考慮されてはおらず、同公報等を開示されるコイル装置では、大型のコイル装置、特に起磁力が $6 \times 10^3$  AT以上のコイル装置におけるコア先端部の発熱を防止して、装置を安定して操業することは困難であった。

【0021】冷却管39の形成材料としては、コア34の先端から発生する磁場に与える影響が少なく、かつ十分な耐熱性を有するものが各種利用可能であり、例えば、各種のステンレス等の各種の鋼管、チタン鋼管等の電気伝導度の小さな金属管等が例示される。また、冷却水供給管40および排水管42としては、磁場の影響を受けない絶縁性のホースや配管が各種利用可能であり、例えば、ゴムホース、強化プラスチック管等が例示される。

【0022】本発明のコイル装置において、冷却手段は図示例の冷却管39を利用するものに限定はされず、例えば、冷却パネルを当接してコア先端を冷却するもの等、公知の各種の冷却方法が利用可能である。また、冷媒は水に限定されず、通常の製造設備において冷媒として使用される物が各種利用可能である。なお、冷却温度（冷却の程度）には特に限定はなく、コア34の耐熱性等に応じて適宜決定すればよい。例えば、コア34を電磁鋼板で形成する場合には、コア34先端部の温度が250℃以下、好ましくは200℃以下となるように冷却すればよい。

【0023】本発明のコイル装置は、図示例の半円筒形の物に限定されず、例えばタンディッシュが円形の1槽式であれば、円筒形であってもよく、あるいは溶鋼の回転に十分な出力を有する場合には、半円筒よりも小さい円弧状であってもよい。すなわち、本発明のコイル装置は、タンディッシュの形状等に応じた各種の形状のコイル装置にすべて利用可能である。

【0024】以上、本発明の移動磁場発生用コイル装置について詳細に説明したが、本発明は上述の例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良および変更を行ってもよいのはもちろんである。

#### 【0025】

【実施例】図1に示されるような（移動磁場発生用）コイル装置30、および冷却手段38を有さない以外は同様のコイル装置50を作製した。ケーシング28は、厚さ20mmのステンレス製で、内径が0.8m、厚さaが500mmとした。コア本体32およびコア34は電磁鋼板の一体成形で、厚さ、すなわちコア34先端面から逆側面（以下、背面とする）までの距離は300mm、コア34先端面の形状は、250×400mmの長方形とした。コア本体32の高さは800mmとした。コア本体32は、ケーシング28内に前記厚さ方向の中心に位置するように配置した。すなわち、ケーシング28内面と各コア34先端面の距離b、およびコア本体32背面とケーシング28内面との距離cが、共に100mmとなるように、ケーシング28内にコア本体32を配置した。さらに、各コア34に、コイル巻線を60ターン巻回することによって、コイル36を形成した。

【0026】また、本発明のコイル装置30の各コア34には、図3に示される、冷却管39、冷却水供給管40および排水管42からなる冷却手段38を配設した。なお、冷却管39は一辺250mmのステンレス製の四角柱管、冷却水供給管40および排水管42はゴム製のホースを用いた。また、冷媒は水を用い、流量は2000 ml/minとした。

【0027】以上のようなコイル装置30および50を用い、各電磁石に2300 A（すなわち、起磁力は $1.38 \times 10^5$  AT）を通電して、図4に示されるようなタンディッシュ10の回転槽12の溶鋼を回転した。なお、タンディッシュ10（回転槽12）の表面（鉄皮）とコイル装置のケーシング内面との距離は60mmとした。

【0028】その結果、冷却手段38を有さない従来のコイル装置50では、測定ポイントxで2000 Gの磁力を発生し、回転槽12内の溶鋼は60 rpmの回転で安定した。この状態で各コア34の先端面の温度を測定（縦方向に3か所）したところ、いずれの位置でも500℃に達しており、コイルおよびコアの耐熱性から考えて、これ以上の連続操業は不可能であった。なお、これ以外の部分、例えば、コア本体32背面のコア34先端面の測定点に対応する点、各コア34の間のコア本体32表面等で温度測定をしたところ、200℃以上の場所は無く、この点では連続操業に何ら問題は無かった。

【0029】また、コイル装置50において、各電磁石のコイルを40ターンとし供給電流を1500 Aとして、起磁力を $6 \times 10^3$  ATに低下したが、依然としてコア34の先端面の温度はすべての点で250℃を超えており、やはり連続的な操業は困難な状態であった。

【0030】これに対して、冷却手段38を有する本発明のコイル装置30では、測定ポイントxにおける磁力は1950 Gに低下したが、回転槽12内における溶鋼

10

20

30

40

50

は同様の60rpmの回転で安定した。この状態で、先のコイル装置50と同様にコア34の先端面の温度を測定した結果、すべての測定位置の温度が150℃以下であり、連続的な操業が可能であった。なお、磁力の低下は、ステンレス製の冷却管39を配置したことによる渦電流の発生によるものと考えられるが、溶鋼の回転にはほとんど影響は無いのは上記のとおりである。また、コア先端の測定位置以外での同様に温度測定結果は、従来のコイル装置50と同様であった。以上の結果より、本発明の効果は明らかである。

#### 【0031】

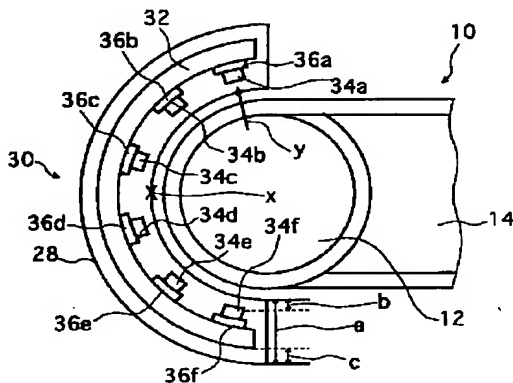
【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の移動磁場発生用電磁コイル装置によれば、大型のタンディッシュに対応した高出力のコイル装置であっても、長時間にわたって安定してタンディッシュ内の溶鋼を水平回転することができ、大型のタンディッシュを用いて、高い生産効率で高品質の連続鋳造片を安定して製造することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の移動磁場発生用電磁コイル装置の概略平面図である。

【図2】図1に示されるコイル装置のy線矢視図である。

【図1】



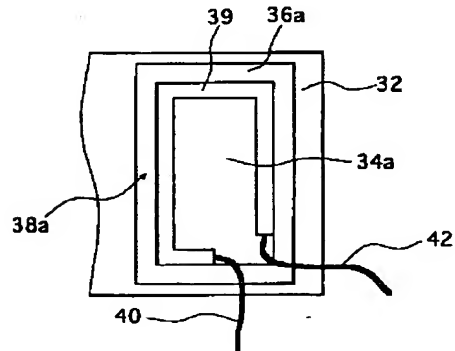
【図3】図1に示されるコイル装置の冷却手段を示す概略斜視図である。

【図4】(a) および (b) は、移動磁場発生用電磁コイル装置を配設されたタンディッシュの概略図である。

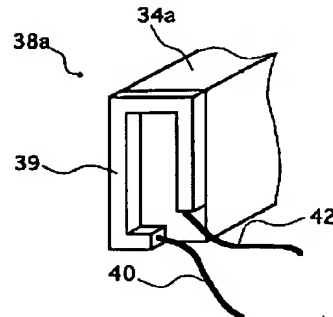
#### 【符号の説明】

- 10 タンディッシュ
- 12 回転槽
- 14 浮上槽
- 16 連通口
- 18 ノズル
- 20 ロングノズル
- 28 ケーシング
- 30, 50 (移動磁場発生用電磁) コイル装置
- 32 コア本体
- 34a, 34b, 34c, 34d, 34e, 34f コア
- 36a, 36b, 36c, 36d, 36e, 36f コイル
- 38a, 38b, 38c, 38d, 38e, 38f 冷却手段
- 39 冷却管
- 40 冷却水供給管
- 42 排水管

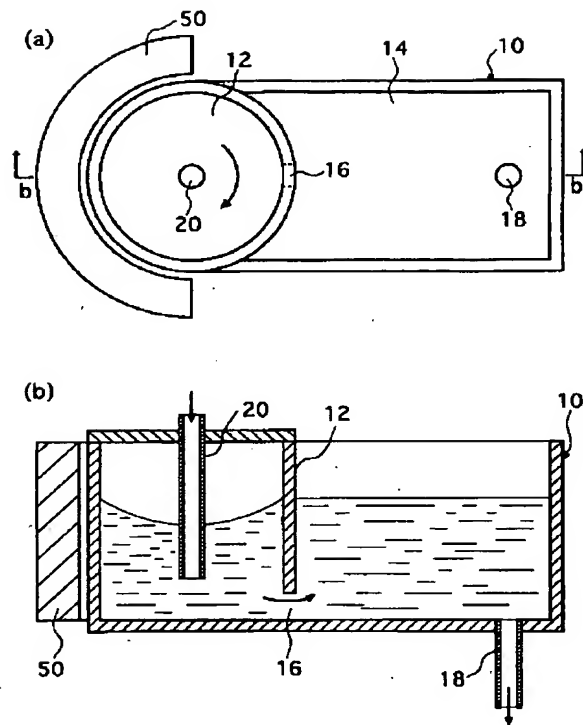
【図2】



【図3】



【図 4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

// C 2 1 C 7/00

識別記号

庁内整理番号

P

F I

技術表示箇所